

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-266500

(P 2 0 0 1 - 2 6 6 5 0 0 A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターコード	(参考)
G11B 20/14	341	G11B 20/14	341	A 5D044
20/10	301	20/10	301	Z 5J065
20/18	534	20/18	534	Z
	542		542	C
H03M 13/13		H03M 13/13		

審査請求 未請求 請求項の数78 O L (全28頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-87128 (P 2000-87128)

(22) 出願日 平成12年3月23日 (2000.3.23)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 服部 雅之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 村山 淳

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

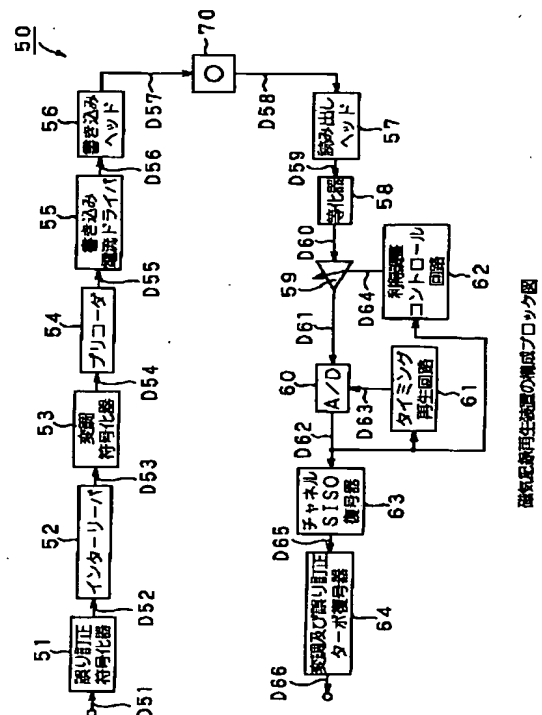
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ記録装置及びデータ記録方法、データ再生装置及びデータ再生方法、並びに、データ記録再生装置及びデータ記録再生方法

(57) 【要約】

【課題】 高性能の符号化及び高効率の復号を実現して復号誤り率を低下する。

【解決手段】 磁気記録再生装置50は、記録系において、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51と、この誤り訂正符号化器51から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバ52とを備える。また、磁気記録再生装置50は、再生系において、インターリーバ52により並べ替えられたデータのビット配列を元に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替えるデインターリーバと、このデインターリーバから供給されたデータを復号する誤り訂正軟復号器と、インターリーバ52と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正軟復号器から出力されたデータとデインターリーバから出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバとを有する変調及び誤り訂正ターボ復号器64を備える。



磁気記録再生装置の構成ブロック図

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、  
入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、  
上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ記録装置。

【請求項 2】 上記攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 3】 上記変調符号化手段から供給されたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備えることを特徴とする請求項 2 記載のデータ記録装置。

【請求項 4】 上記変調符号化手段は、上記攪拌手段から供給されたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 2 記載のデータ記録装置。

【請求項 5】 上記変調符号化手段は、上記攪拌手段から供給されたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 6】 上記変調符号化手段は、上記攪拌手段から供給されたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 4 記載のデータ記録装置。

【請求項 7】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 1 記載のデータ記録装置。

【請求項 8】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、  
入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、  
上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録方法。

【請求項 9】 上記攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程を備えることを特徴とする請求項 8 記載のデータ記録方法。

【請求項 10】 上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えることを特徴とする請求項 9 記載のデータ記録方法。

【請求項 11】 上記変調符号化工程では、上記攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 9 記載のデータ記録方法。

【請求項 12】 上記変調符号化工程では、上記攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してブロック変調によ

る符号化を行うことを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 13】 上記変調符号化工程では、上記攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項 11 記載のデータ記録方法。

【請求項 14】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項 8 記載のデータ記録方法。

【請求項 15】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、

上記第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、

上記逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、

上記第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号手段から出力されたデータと上記逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ再生装置。

【請求項 16】 上記誤り訂正復号手段は、軟入力 of の信号を入力することを特徴とする請求項 15 記載のデータ再生装置。

【請求項 17】 上記誤り訂正復号手段は、入力した軟入力 of の信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 16 記載のデータ再生装置。

【請求項 18】 上記記録機器は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段を備えており、  
入力したデータを変調復号する変調復号手段を備えることを特徴とする請求項 15 記載のデータ再生装置。

【請求項 19】 上記変調復号手段は、軟入力 of の信号を入力するとともに、軟出力 of の信号を出力することを特徴とする請求項 18 記載のデータ再生装置。

【請求項 20】 上記逆攪拌手段は、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第 2 の攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号手段と上記変調復号手段との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 19 記載のデータ再生装置。

【請求項 21】 上記変調符号化手段は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うものであり、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 18 記載のデータ再生装置。

【請求項 22】 上記変調符号化手段は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対してブロック変調による符号化を行うものであることを特徴とする請求項 21 記載のデータ再生装置。

【請求項 23】 上記変調復号手段は、上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 22 記載のデータ再生装置。

【請求項 24】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 22 記載のデータ再生装置。

【請求項 25】 上記変調符号化手段は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うものであり、上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 21 記載のデータ再生装置。

【請求項 26】 上記変調復号手段は、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 19 記載のデータ再生装置。

【請求項 27】 上記記録機器は、上記変調符号化手段から供給されたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すブリコード手段を備えており、チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号手段を備えることを特徴とする請求項 15 記載のデータ再生装置。

【請求項 28】 上記チャネル復号手段は、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 27 記載のデータ再生装置。

【請求項 29】 上記チャネル復号手段は、軟入力信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 27 記載のデータ再生装置。

【請求項 30】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 15 記載のデータ再生装置。

【請求項 31】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、

上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、

上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、

上記第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ再生方法。

【請求項 32】 上記誤り訂正復号工程では、軟入力信号を入力することを特徴とする請求項 31 記載のデータ再生方法。

【請求項 33】 上記誤り訂正復号工程では、入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 32 記載のデータ再生方法。

【請求項 34】 上記記録方法は、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程を備えており、

入力したデータを変調復号する変調復号工程を備えることを特徴とする請求項 31 記載のデータ再生方法。

【請求項 35】 上記変調復号工程では、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項 34 記載のデータ再生方法。

【請求項 36】 上記逆攪拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第 2 の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号工程と上記変調復号工程との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 35 記載のデータ再生方法。

【請求項 37】 上記変調符号化工程では、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 34 記載のデータ再生方法。

【請求項 38】 上記変調符号化工程では、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してブロック変調による符号化を行っていることを特徴とする請求項 37 記載のデータ再生方法。

【請求項 39】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 38 記載のデータ再生

方法。

【請求項 40】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 38 記載のデータ再生方法。

【請求項 41】 上記変調符号化工程では、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 37 記載のデータ再生方法。

【請求項 42】 上記変調復号工程では、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 35 記載のデータ再生方法。

【請求項 43】 上記記録方法は、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えており、

チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号工程を備えることを特徴とする請求項 31 記載のデータ再生方法。

【請求項 44】 上記チャネル復号工程では、軟入力 of 信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 43 記載のデータ再生方法。

【請求項 45】 上記チャネル復号工程では、軟入力 of 信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 43 記載のデータ再生方法。

【請求項 46】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項 31 記載のデータ再生方法。

【請求項 47】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、

上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、

上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、

上記逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、

上記第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号手段から出力されたデータと上記逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデ

ータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ記録再生装置。

【請求項 48】 上記誤り訂正復号手段は、軟入力 of 信号を入力することを特徴とする請求項 47 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 49】 上記誤り訂正復号手段は、入力した軟入力 of 信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 48 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 50】 上記記録系は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段を備え、

上記再生系は、入力したデータを変調復号する変調復号手段を備えることを特徴とする請求項 47 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 51】 上記変調復号手段は、軟入力 of 信号を入力するとともに、軟出力 of 信号を出力することを特徴とする請求項 50 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 52】 上記逆攪拌手段は、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第 2 の攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号手段と上記変調復号手段との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 51 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 53】 上記変調符号化手段は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 50 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 54】 上記変調符号化手段は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項 53 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 55】 上記変調復号手段は、上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 54 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 56】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 54 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 57】 上記変調符号化手段は、上記第 1 の攪拌手段から供給されたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリス

に基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 5 3 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 5 8】 上記変調復号手段は、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 5 1 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 5 9】 上記記録系は、上記変調符号化手段から供給されたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備え、上記再生系は、チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号手段を備えることを特徴とする請求項 4 7 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 0】 上記チャネル復号手段は、軟入力 of 信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 5 9 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 1】 上記チャネル復号手段は、軟入力 of 信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 5 9 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 2】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項 4 7 記載のデータ記録再生装置。

【請求項 6 3】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、

上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、

上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、

上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、

上記第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと上記逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録再生方法。

【請求項 6 4】 上記誤り訂正復号工程では、軟入力 of 信号を入力することを特徴とする請求項 6 3 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 6 5】 上記誤り訂正復号工程では、入力した軟入力 of 信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項 6 4 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 6 6】 上記記録系は、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施

す変調符号化工程を備え、

上記再生系は、入力したデータを変調復号する変調復号工程を備えることを特徴とする請求項 6 3 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 6 7】 上記変調復号工程では、軟入力 of 信号を入力するとともに、軟出力 of 信号を出力することを特徴とする請求項 6 6 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 6 8】 上記逆攪拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第 2 の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号工程と上記変調復号工程との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項 6 7 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 6 9】 上記変調符号化工程では、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項 6 6 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 0】 上記変調符号化工程では、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項 6 9 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 1】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項 7 0 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 2】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 7 0 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 3】 上記変調符号化工程では、上記第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項 6 9 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 4】 上記変調復号工程では、BCJR アルゴリズム又は SOVA アルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 6 7 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 5】 上記記録系は、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備え、

上記再生系は、チャネル応答に対する復号を行うチャネ

ル復号工程を備えることを特徴とする請求項 6 3 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 6】 上記チャネル復号工程では、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 7 5 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 7】 上記チャネル復号工程では、軟入力信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項 7 5 記載のデータ記録再生方法。

【請求項 7 8】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項 6 3 記載のデータ記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置及びデータ記録方法、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば、デジタルデータを記録する記録媒体として、ハードディスクやいわゆる D V C R (Digital Video Cassette Recorder)、いわゆる C D (Compact Disc) や D V D (Digital Versatile Disk)、及びいわゆる M O (Magneto Optical) 等の磁気、光及び光磁気記録方式による各種記録媒体が広く知られている。

【0003】 これらの記録媒体に対して信号を記録するためには、例えば、磁気記録方式による記録媒体に対しては書き込みヘッドにより磁化方向を制御したり、光記録方式による記録媒体に対してはスタンプにより信号に応じた長さのピットを形成するといったように、記録媒体に対して物理的な処理を施す必要がある。その際、記録媒体に記録された信号を読み出す再生側での読み出し信号の振幅制御やクロック再生が正常に動作するように、記録媒体に対して信号を記録する記録側では、通常、予め信号に対して所定の変調符号化を施し、記録媒体に対して信号を記録する方式が用いられる。

【0004】 この変調符号化を行う変調符号化器は、一般に、各種制限のないバイナリ信号を入力し、各種制限が加えられたバイナリ信号を出力する。ここで、信号に対する制限としては、例えば、符号における“0”、“1”の個数が十分長い範囲で均等になるような制限である D C free 制限や、符号において連続する“0”の個数の最小値及び最大値が、それぞれ、 $d$  個及び  $k$  個となる制限である  $(d, k)$  制限等がある。 $(d, k)$  制限の概念を具体的に説明するために、 $(d, k) = (2, 7)$  制限を満たす符号を出力する変調符号化器における入出力例を示すと、図 1 1 に示すようになる。すなわ

ち、 $(d, k) = (2, 7)$  制限を満たす符号を出力する変調符号化器 1 5 0 は、制限が加えられていない入力信号を入力すると、この入力信号に変調符号化を施し、連続する“0”の個数の最小値が 2 個、最大値が 7 個であるような出力信号を生成して出力する。

【0005】 このように、制限のない系列を制限のある系列に変換する場合には、入力ビットの総数よりも出力ビットの総数が多くなる。ここで、入力ビットの総数を  $K$ 、出力ビットの総数を  $N$  と表すものとする、通常、 $K/N$  を符号化率  $R$  として表す。この符号化率  $R$  は、変調符号化の効率を表す指標値となるものであり、同じ制限を満たす出力信号を生成する変調符号化器を比較した場合には、符号化率  $R$  が高い変調符号化器は、符号化率  $R$  が低い変調符号化器よりも、一定の出力ビットに対して多くの入力ビットを符号化できることを示す。換言すれば、符号化率  $R$  が高い変調符号化器は、符号化率  $R$  が低い変調符号化器よりも、定められた記録媒体に対して多くの情報を記録できる。

【0006】 また、変調符号化には、入力ビットを所定の長さのブロックに区切り、各ブロックに対応する所定の長さのブロックに区切られた出力ビットを生成するブロック符号化方式と、入力ビットとこの入力ビットに対応する出力ビットの符号化単位が変動する可変長符号化方式とがある。例えば、変調符号化として通常用いられているいわゆる  $8/9$  符号や  $16/17$  符号はブロック符号化方式に属するものであり、いわゆる  $(1, 7) R L L$  符号や  $(2, 7) R L L$  符号は可変長符号化方式に属するものである。

【0007】 例えば、入力ビットとして 2 ビットの信号を入力し、 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす 3 ビットの出力ビットを生成するブロック変調符号化方式の場合、変調符号化器は、次表 1 に示すような変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この変換テーブルを参照することによって、2 ビットの入力ビットに対応する 3 ビットの出力ビットを求め、逐次出力する。

【0008】

【表 1】

表 1 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0009】 一方、変調符号化された信号を変調復号する変調復号器は、表 1 に示した変換テーブルに対応する表 2 に示すような逆変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この逆変換テーブルを参照することによって、3 ビットの入力ビットに対応する 2 ビットの復

11

号ビットを求め、逐次出力する。

【0010】

【表2】

表2 逆変換テーブルの一例

入力ビット	復号ビット
000	01
001	00
010	10
011	00
100	11
101	01
110	11
111	10

【0011】変調復号器としては、例えば図12に示すものがある。この変調復号器160は、少なくともROM (Read Only Memory) 161を備える。変調復号器160は、入力アドレス信号D161を入力し、この入力アドレス信号D161で与えられるROM161におけるアドレスに格納されている内容を変調復号信号D162として出力する。実際には、変調復号器160は、表

$$b_0 = (a_1 \& a_2) \left| \left( a_0 \& !a_1 \& !a_2 \right) \right| \left( !a_0 \& a_1 \& !a_2 \right)$$

$$b_1 = (a_0 \& !a_1) \left| \left( !a_0 \& !a_1 \& !a_2 \right) \right| \left( a_0 \& a_1 \& !a_2 \right)$$

... (1)

【0014】このような変調符号化器及び変調復号器を、磁気記録方式による記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う磁気記録再生装置に適用した場合、この磁気記録再生装置は、図14に示すように構成される。

【0015】すなわち、同図に示す磁気記録再生装置200は、データを記録媒体250に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器201と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器202と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ203と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ204と、記録媒体250に対してデータを記録するための書き込みヘッド205とを備える。また、磁気記録再生装置200は、記録媒体250に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体250に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド206と、入力したデータを等化する等化器207と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路208と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器（以下、A/Dと記す。）209

12

2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、表2における入力ビットに対応するROM161のアドレスに復号ビットの内容が格納されており、このアドレスに格納されている復号ビットを読み出すことによって、逆変換を行う。

【0012】また、変調復号器としては、例えば図13に示すものがある。この変調復号器170は、少なくとも組み合わせ回路171を備える。変調復号器170は、入力信号D171を入力し、組み合わせ回路171により入力信号D171に対する論理演算を行い、変調復号信号D172を生成する。実際には、変調復号器170は、表2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、3ビットの入力信号D171を $(a_0, a_1, a_2)$ 、2ビットの変調復号信号D172を $(b_0, b_1)$ と表すと、出力ビットである $(b_0, b_1)$ を、次式(1)に示すような論理式に対応する組み合わせ回路171により生成する。なお、同式において、“|”は論理和を表し、“&”は論理積を表し、“!”は論理否定を表す。

【0013】

【数1】

と、クロックを再生するタイミング再生回路210と、利得調整回路208を制御する利得調整コントロール回路211と、入力したデータに対していわゆるビタビ復号を施すビタビ復号器212と、入力したデータに対して変調復号を施す変調復号器213と、入力したデータに対して誤り訂正復号を施す誤り訂正復号器214とを備える。

【0016】このような磁気記録再生装置200は、記録媒体250に対してデータを記録する場合には、次に示すような処理を行う。

【0017】まず、磁気記録再生装置200は、入力データD201を入力すると、この入力データD201に対して、誤り訂正符号化器201により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データD202を生成する。

【0018】次に、磁気記録再生装置200は、変調符号化器202によって、誤り訂正符号化器201から供給された誤り訂正符号化データD202に対して変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD203を生成する。

【0019】次に、磁気記録再生装置200は、プリコーダ203によって、変調符号化器202から供給され

た変調符号化データD203に対して、記録媒体250へのデータの書き込みから再生系における等化器207における出力までのチャンネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、プリコード信号D204を生成する。例えば、プリコード203は、チャンネルが $1-D$ の

$$F = \sqrt[3]{1 \oplus D} \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (2)$$

【0021】次に、磁気記録再生装置200は、書き込み電流ドライバ204によって、プリコード203から供給されたバイナリ信号であるプリコード信号D204

【0022】そして、磁気記録再生装置200は、書き込みヘッド205によって、書き込み電流ドライバ204から供給された書き込み電流信号D205に応じた書き込み磁化信号D206を記録媒体250に対して与える。

【0023】磁気記録再生装置200は、このような処理を行うことによって、記録媒体250に対してデータ

【0024】一方、記録媒体250に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置200は、次に示すような処理を行う。

【0025】まず、磁気記録再生装置200は、読み出しヘッド206によって、記録媒体250から読み出し磁化信号D207を読み出し、この読み出し磁化信号D207に応じた読み出し電流信号D208を生成する。

【0026】次に、磁気記録再生装置200は、等化器207によって、読み出しヘッド206から供給された読み出し電流信号D208に対して、記録系における記録媒体250へのデータの書き込みから当該等化器207における出力までのチャンネル応答が所定の特性、例えば $1-D$ となるように等化を行い、等化信号D209を生成する。

【0027】次に、磁気記録再生装置200は、利得調

$$R_s = (1-D) / (1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (3)$$

【0031】次に、磁気記録再生装置200は、変調復号器213によって、ビタビ復号器212から供給されたビタビ復号信号D214に対して変調復号を施し、記録系における変調符号化器202とは逆のデータの対応付けを図り、制限のある一定長の系列から、制限のない元の入力データ系列である変調復号信号D215を生成する。

【0032】そして、磁気記録再生装置200は、誤り訂正復号器214によって、変調復号器213から供給された変調復号信号D215に対して誤り訂正符号の復号を行い、出力データD216を生成する。

【0033】磁気記録再生装置200は、このような処

特性を有する場合には、次式(2)で表されるフィルタリングFを施す。

【0020】

【数2】

整回路208によって、利得調整コントロール回路211から供給される利得調整コントロール信号D213に基づいて、等化器207から供給された等化信号D209の利得を調整し、利得調整信号D210を生成する。なお、利得調整コントロール信号D213は、利得調整コントロール回路211によって、後述するデジタルチャンネル信号D211に基づいて生成されるものであり、等化信号D209の振幅を期待される値に保つための制御信号である。

【0028】次に、磁気記録再生装置200は、A/D209によって、利得調整回路208から供給された利得調整信号D210をデジタル化し、デジタルチャンネル信号D211を生成する。なお、このとき、A/D209は、タイミング再生回路210により生成されて供給されるクロック信号D212に基づいてサンプリングを行う。このタイミング再生回路210は、デジタルチャンネル信号D211を入力し、クロックを再生して得られたクロック信号D212をA/D209に供給する。

【0029】次に、磁気記録再生装置200は、A/D209から供給されるデジタルチャンネル信号D211をビタビ復号器212に入力し、このビタビ復号器212によって、記録系におけるプリコード203の前段から再生系における等化器207における出力までのチャンネル応答、例えば次式(3)で表されるチャンネル応答 $R_s$ に対してビタビ復号を行い、ビタビ復号信号D214を生成する。

【0030】

【数3】

理を行うことによって、記録媒体250に記録されているデータを再生することができる。

【0034】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の磁気記録再生装置200においては、再生系における変調復号器213が変調符号化器202による変調符号化とは逆のバイナリ信号間の対応付けを行う機能しか有しておらず、変調復号器213に対する入出力ともバイナリ信号である必要があることから、ビタビ復号器212よりも後段における信号は、全てバイナリ信号であった。

【0035】換言すれば、磁気記録再生装置200にお



いては、変調復号器 213 の前段でバイナリ信号を生成するとともに、変調復号器 213 の後段でもバイナリ信号を処理する必要があった。

【0036】したがって、磁気記録再生装置 200 においては、2 値のバイナリ信号を用いる必要から、信号に含まれる情報量を故意に削減することになり、効率のよい復号処理ができず、結果として復号誤り率を劣化させる原因となっていた。

【0037】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、高性能の符号化を行って、効率のよい復号処理を再生系に行わせ、復号誤り率を大幅に低下させることができるデータ記録装置及びデータ記録方法、効率のよい復号処理を行い、復号誤り率を低下することができるデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、高性能の符号化及び高効率の復号処理を実現して、復号誤り率を低下することができるデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法を提供することを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】 上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0039】このような本発明にかかるデータ記録装置は、攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0040】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0041】このような本発明にかかるデータ記録方法は、攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0042】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第 1 の

攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0043】このような本発明にかかるデータ再生装置は、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第 2 の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0044】さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第 1 の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第 1 の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第 2 の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0045】このような本発明にかかるデータ再生方法は、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第 2 の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0046】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第 1 の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第 1 の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第 1 の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与

えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0047】このような本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第2の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0048】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0049】このような本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第2の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0051】この実施の形態は、例えば、ハードディスクやいわゆるDVCR (Digital Video Cassette Recorder) 等の磁気記録方式による記録媒体に対してデータを記録する記録系と、これらの記録媒体に記録されているデータを再生する再生系とを備える磁気記録再生装置である。

【0052】この磁気記録再生装置は、記録系において、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器の後段にインターリーブを備え、誤り訂正符号化器と信号を変調する変調符号化器との間でいわゆる縦列接続符号による符号化を行うものである。また、磁気記録再生装置は、再生系において、変調符号化された信号を変調復号する復号器及び入力したデータに対して誤り訂正復号を施す復号器として、軟入力 (soft input) であるデータを入力するとともに、軟出力 (soft output) であるデータを出力する軟入力軟出力 (Soft Input Soft Output; 以下、SISOと記す。) 型の復号器を適用し、これらの2つの復号器の間でいわゆるターボ復号と呼ばれる繰り返し復号を行うものである。すなわち、磁気記録再生装置は、いわゆるシャノンの通信路符号化定理により与えられるシャノン限界に近い性能を示す符号化方法及び復号方法として知られる縦列接続符号による符号化及びターボ復号を、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う記録再生系に適用したものである。

【0053】まず、第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。ここではまず、この磁気記録再生装置の再生系に適用するSISO型の復号器である上述した変調符号化された信号を変調復号する復号器について図1及び図2を参照して説明する。なお、これらの図1及び図2に示す復号器10、20は、変調符号化された信号を変調復号する復号器として示されるものであるが、誤り訂正復号を施す復号器も、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

【0054】図1に示す復号器10は、入力 $k$ ビットに対して $n$ ビットの変調符号化を行う符号化率 $R=k/n$ のブロック変調により符号化されたデータを復号するものである。

【0055】この復号器10は、軟入力とされる受信信号 $\mathbf{R}$ を入力すると、この受信信号 $\mathbf{R}$ の各ビットが“0”である確率 $P(R_i=0|\mathbf{R})$ と、各ビットが“1”である確率 $P(R_i=1|\mathbf{R})$ とを算出し、最終的には、 $\mathbf{M}=(M_0, M_1, \dots, M_{n-1})$ で表される変調符号ブロック $\mathbf{M}$ に対する軟判定値である事後確率情報 (a posteriori probability information)  $P(M_i=0|\mathbf{R})$  及び  $P(M_i=1|\mathbf{R})$ 、若しくは  $\mathbf{C}=(C_0, C_1, \dots, C_{k-1})$  で表される変調符号入力ブロック $\mathbf{C}$ に対する軟判定値である事後確率情報  $P(C_i=0|\mathbf{R})$  及び  $P(C_i=1|\mathbf{R})$ 、又はこれらの双方を算出して出力する。

【0056】なお、復号器としては、上述した各事後確率情報を個別的に出力するのではなく、事後確率情報比の対数値、すなわち、 $\log(P(M_i=1|\mathbf{R})/P(M_i=0|\mathbf{R}))$  や  $\log(P(C_i=1|\mathbf{R})/P(C_i=0|\mathbf{R}))$  として出力することもでき

る。この対数値は、一般には対数尤度比 (log likeliho

od ratio) と呼ばれ、ここでは、受信信号  $R$  を入力した際の変調符号ブロック  $M$  及び変調符号入力ブロック  $C$  の尤度を示すものである。

【0057】また、復号器としては、上述した受信信号  $R$  を入力するのではなく、変調符号入力ブロック  $C$  に対する事前確率情報 (a priori probability information)  $P(C_i=0)$  及び  $P(C_i=1)$  が入力信号として与えられてもよい。

【0058】このような復号器としては、具体的には、例えば図2に示すような各部を有するものが考えられる。ここでは、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成するために、次表3に示す変換テーブルにしたがって符号化されたデータを復号するものとして説明する。

【0059】

【表3】

表3 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0060】同図に示す復号器20は、各受信ビットの尤度を算出する尤度算出手段である(3ビット×2=)6つの尤度算出回路21<sub>1</sub>、21<sub>2</sub>、21<sub>3</sub>、21<sub>4</sub>、21<sub>5</sub>、21<sub>6</sub>と、データを加算する4つの加算器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>、22<sub>3</sub>、22<sub>4</sub>と、2つのデータA、Bに対して  $\log(e^A + e^B)$  の演算を行う4つの  $\log$ -sum回路23<sub>1</sub>、23<sub>2</sub>、23<sub>3</sub>、23<sub>4</sub>と、2つのデータを加算する4つの加算器24<sub>1</sub>、24<sub>2</sub>、24<sub>3</sub>、24<sub>4</sub>と、2つのデータの比をとる2つの比較器25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>とを有する。

【0061】尤度算出回路21<sub>1</sub>、21<sub>2</sub>、21<sub>3</sub>、21<sub>4</sub>、21<sub>5</sub>、21<sub>6</sub>は、それぞれ、受信信号D21

( $R$ )における各受信ビットを入力し、各受信ビットの尤度を算出する。

【0062】すなわち、尤度算出回路21<sub>1</sub>は、3ビットの受信信号D21を構成する0ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D22<sub>1</sub>( $\log P(R_0=0|R)$ )を算出する。尤度算出回路21<sub>1</sub>は、生成した対数確率値D22<sub>1</sub>を加算器22<sub>1</sub>に供給する。

【0063】また、尤度算出回路21<sub>2</sub>は、3ビットの受信信号D21を構成する0ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D22<sub>2</sub>( $\log P(R_0=1|R)$ )を算出する。尤度算出回路21<sub>2</sub>は、生成した対数確率値D22<sub>2</sub>を加算器22<sub>2</sub>、22<sub>3</sub>、22<sub>4</sub>に供給する。

【0064】さらに、尤度算出回路21<sub>3</sub>は、3ビットの受信信号D21を構成する1ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D22<sub>3</sub>( $\log P(R_1=0|R)$ )を算出する。尤度算出回路21<sub>3</sub>は、生成した対数確率値D22<sub>3</sub>を加算器22<sub>2</sub>に供給する。

【0065】さらにまた、尤度算出回路21<sub>4</sub>は、3ビットの受信信号D21を構成する1ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D22<sub>4</sub>( $\log P(R_1=1|R)$ )を算出する。尤度算出回路21<sub>4</sub>は、生成した対数確率値D22<sub>4</sub>を加算器22<sub>1</sub>、22<sub>3</sub>、22<sub>4</sub>に供給する。

【0066】また、尤度算出回路21<sub>5</sub>は、3ビットの受信信号D21を構成する2ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D22<sub>5</sub>( $\log P(R_2=0|R)$ )を算出する。尤度算出回路21<sub>5</sub>は、生成した対数確率値D22<sub>5</sub>を加算器22<sub>4</sub>に供給する。

【0067】さらに、尤度算出回路21<sub>6</sub>は、3ビットの受信信号D21を構成する2ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D22<sub>6</sub>( $\log P(R_2=1|R)$ )を算出する。尤度算出回路21<sub>6</sub>は、生成した対数確率値D22<sub>6</sub>を加算器22<sub>1</sub>、22<sub>2</sub>、22<sub>3</sub>に供給する。

【0068】加算器22<sub>1</sub>は、尤度算出回路21<sub>1</sub>から供給された対数確率値D22<sub>1</sub>と、尤度算出回路21<sub>1</sub>から供給された対数確率値D22<sub>2</sub>と、尤度算出回路21<sub>4</sub>から供給された対数確率値D22<sub>4</sub>とを加算し、尤度値D23<sub>1</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D23<sub>1</sub>は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=011)$ と表される確率に他ならない。加算器22<sub>1</sub>は、生成した尤度値D23<sub>1</sub>を  $\log$ -sum回路23<sub>1</sub>、23<sub>3</sub>に供給する。

【0069】加算器22<sub>2</sub>は、尤度算出回路21<sub>1</sub>から供給された対数確率値D22<sub>1</sub>と、尤度算出回路21<sub>2</sub>から供給された対数確率値D22<sub>2</sub>と、尤度算出回路21<sub>4</sub>から供給された対数確率値D22<sub>4</sub>とを加算し、尤度値D23<sub>2</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D23<sub>2</sub>は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=101)$ と表される確率に他ならない。加算器22<sub>2</sub>は、生成した尤度値D23<sub>2</sub>を  $\log$ -sum回路23<sub>1</sub>、23<sub>3</sub>に供給する。

【0070】加算器22<sub>3</sub>は、尤度算出回路21<sub>1</sub>から供給された対数確率値D22<sub>1</sub>と、尤度算出回路21<sub>3</sub>から供給された対数確率値D22<sub>3</sub>と、尤度算出回路21<sub>4</sub>から供給された対数確率値D22<sub>4</sub>とを加算し、尤度値D23<sub>3</sub>を生成する。すなわち、この尤度値D23<sub>3</sub>は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=111)$ と表される確率に他ならない。加算器22<sub>3</sub>は、生成した尤度値D23<sub>3</sub>を  $\log$ -sum回路23<sub>1</sub>、23<sub>3</sub>に供給する。

【0071】加算器22<sub>4</sub>は、尤度算出回路21<sub>1</sub>から供給された対数確率値D22<sub>1</sub>と、尤度算出回路21<sub>5</sub>から

21

供給された対数確率値 D 2 2<sub>i</sub> と、尤度算出回路 2 1<sub>i</sub> から供給された対数確率値 D 2 2<sub>i</sub> とを加算し、尤度値 D 2 3<sub>i</sub> を生成する。すなわち、この尤度値 D 2 3<sub>i</sub> は、 $\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)$  と表される確率に他ならない。加算器 2 2<sub>i</sub> は、生成した尤度値 D 2 3<sub>i</sub> を  $\log\text{-sum}$  回路 2 3<sub>i</sub> に供給する。

【0072】  $\log\text{-sum}$  回路 2 3<sub>i</sub> は、加算器 2 2<sub>i</sub>

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \end{aligned}$$

... (4)

【0074】  $\log\text{-sum}$  回路 2 3<sub>i</sub> は、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> と、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> とに対して、次式 (5) に示す演算を行い、尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を生成する。  $\log\text{-sum}$

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \end{aligned}$$

... (5)

【0076】  $\log\text{-sum}$  回路 2 3<sub>i</sub> は、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> と、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> とに対して、次式 (6) に示す演算を行い、尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を生成する。  $\log\text{-sum}$

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) \end{aligned}$$

... (6)

【0078】  $\log\text{-sum}$  回路 2 3<sub>i</sub> は、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> と、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> とに対して、次式 (7) に示す演算を行い、尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を生成する。  $\log\text{-sum}$

から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> と、加算器 2 2<sub>i</sub> から供給された尤度値 D 2 3<sub>i</sub> とに対して、次式 (4) に示す演算を行い、尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を生成する。  $\log\text{-sum}$  回路 2 3<sub>i</sub> は、生成した尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を加算器 2 4<sub>i</sub> に供給する。

【0073】

【数 4】

回路 2 3<sub>i</sub> は、生成した尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を加算器 2 4<sub>i</sub> に供給する。

【0075】

【数 5】

回路 2 3<sub>i</sub> は、生成した尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を加算器 2 4<sub>i</sub> に供給する。

【0077】

【数 6】

回路 2 3<sub>i</sub> は、生成した尤度値 D 2 4<sub>i</sub> を加算器 2 4<sub>i</sub> に供給する。

【0079】

【数 7】

23

24

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \end{aligned}$$

... (7)

【0080】加算器24<sub>1</sub>は、log-sum回路23<sub>1</sub>から供給された尤度値D24<sub>1</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25<sub>1</sub> (log P (C<sub>0</sub>=0))とを加算し、対数確率値D26<sub>1</sub>を生成する。この対数確率値D26<sub>1</sub>は、次式(8)に示す確率を表

すものである。加算器24<sub>1</sub>は、生成した対数確率値D26<sub>1</sub>を比較器25<sub>1</sub>に供給する。

【0081】

【数8】

$$\begin{aligned} \log P(C_0=0|R) &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \\ &\quad + \log P(C_0=0) \end{aligned}$$

... (8)

【0082】加算器24<sub>2</sub>は、log-sum回路23<sub>2</sub>から供給された尤度値D24<sub>2</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25<sub>2</sub> (log P (C<sub>0</sub>=1))とを加算し、対数確率値D26<sub>2</sub>を生成する。この対数確率値D26<sub>2</sub>は、次式(9)に示す確率を表

すものである。加算器24<sub>2</sub>は、生成した対数確率値D26<sub>2</sub>を比較器25<sub>2</sub>に供給する。

【0083】

【数9】

$$\begin{aligned} \log P(C_0=1|R) &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \\ &\quad + \log P(C_0=1) \end{aligned}$$

... (9)

【0084】加算器24<sub>3</sub>は、log-sum回路23<sub>3</sub>から供給された尤度値D24<sub>3</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25<sub>3</sub> (log P (C<sub>1</sub>=0))とを加算し、対数確率値D26<sub>3</sub>を生成する。この対数確率値D26<sub>3</sub>は、次式(10)に示す確率を

表すものである。加算器24<sub>3</sub>は、生成した対数確率値D26<sub>3</sub>を比較器25<sub>3</sub>に供給する。

【0085】

【数10】

40

$$\log P(C_1 = 0 | R) = \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) + \log P(C_1 = 0)$$

... (10)

【0086】加算器24<sub>1</sub>は、log-sum回路23<sub>1</sub>から供給された尤度値D24<sub>1</sub>と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D25<sub>1</sub> (log P (C<sub>1</sub> = 1)) とを加算し、対数確率値D26<sub>1</sub>を生成する。この対数確率値D26<sub>1</sub>は、次式(11)に示す確率を

$$\log P(C_1 = 1 | R) = \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) + \log P(C_1 = 1)$$

... (11)

【0088】比較器25<sub>1</sub>は、加算器24<sub>1</sub>から供給された対数確率値D26<sub>1</sub>と、加算器24<sub>2</sub>から供給された対数確率値D26<sub>2</sub>との比をとり、復号対数事後確率比D27<sub>1</sub> (log (P (C<sub>0</sub> = 1 | R) / P (C<sub>0</sub> = 0 | R))) を生成し、外部に出力する。

【0089】比較器25<sub>2</sub>は、加算器24<sub>3</sub>から供給された対数確率値D26<sub>3</sub>と、加算器24<sub>4</sub>から供給された対数確率値D26<sub>4</sub>との比をとり、復号対数事後確率比D27<sub>2</sub> (log (P (C<sub>1</sub> = 1 | R) / P (C<sub>1</sub> = 0 | R))) を生成し、外部に出力する。

【0090】このような各部を有する復号器20は、伝送過程において発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力とされる受信信号D21 (R) における各受信ビット、すなわち、変調符号化側での各出力符号語に対する尤度算出回路21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub>, 21<sub>3</sub>, 21<sub>4</sub>, 21<sub>5</sub>, 21<sub>6</sub>を有し、これらの尤度算出回路21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub>, 21<sub>3</sub>, 21<sub>4</sub>, 21<sub>5</sub>, 21<sub>6</sub>により各出力符号語の尤度を求め、得られた尤度値を用いることによって、変調符号化側での入力ビット及び出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を実直に求めることができる。

【0091】なお、復号器20は、対数事前確率D25<sub>1</sub>, D25<sub>2</sub>, D25<sub>3</sub>, D25<sub>4</sub>を外部から入力するが、図示しない変調符号化器に入力されるバイナリ信号を構成する各ビットが“0”である確率と“1”である確率とが均等である場合には、対数事前確率D25<sub>1</sub>, D25<sub>2</sub>, D25<sub>3</sub>, D25<sub>4</sub>を入力する必要はなく、これら

表すものである。加算器24<sub>1</sub>は、生成した対数確率値D26<sub>1</sub>を比較器25<sub>2</sub>に供給する。

【0087】

【数11】

の対数事前確率D25<sub>1</sub>, D25<sub>2</sub>, D25<sub>3</sub>, D25<sub>4</sub>の値が全て“0”であるように扱えばよい。

【0092】また、復号器20は、2ビットの入力ビットから3ビットの出力ビットに変調符号化されたデータの復号を行うものとして説明したが、復号器としては、入力ビット及び／又は出力ビット数に拘泥することなく、入力ビット及び／又は出力ビット数に対応した同様の構成でもよい。

【0093】さて、このような復号器を適用した磁気記録再生装置について図3を用いて説明する。

【0094】同図に示す磁気記録再生装置50は、データを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ52と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器53と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ54と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ55と、記録媒体70に対してデータを記録するための書き込みヘッド56とを備える。

【0095】誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器51は、入力データD51に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器51は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データD52を後段のインターリーバ52に供給する。

【0096】(第1の) 攪拌手段であるインターリーバ

52は、誤り訂正符号化器51から供給された誤り訂正符号化データD52を攪拌し、誤り訂正符号化データD52を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ52は、生成したインターリーブデータD53を後段の変調符号化器53に供給する。より具体的には、インターリーバ52は、例えば発生した乱数に基づいて決定されたデータの攪拌位置情報を図示しないROM

(Read Only Memory)等に保持しており、この攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正符号化データD52の並べ替えを行う。例えば、インターリーバ52は、誤り訂正符号化データD52を構成する各ビットを順次保持し、Nビット(Nは任意の自然数)からなるビット系列が生成されたタイミングで、攪拌位置情報に基づいて並べ替えを行った後、所定のタイミングでインターリーブデータD53として後段の変調符号化器53に供給する。

【0097】変調符号化手段である変調符号化器53は、インターリーバ52から供給されたインターリーブ

$$F = \frac{1}{2}(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (12)$$

【0100】書き込み電流ドライバ55は、プリコード54から供給されたプリコード信号D55に対して、 $0 \rightarrow -I$ 、 $1 \rightarrow +I$ 、とするように、各ビットを書き込み電流値I<sub>i</sub>に変換し、書き込み電流信号D56を生成する。書き込み電流ドライバ55は、生成した書き込み電流信号D56を後段の書き込みヘッド56に供給する。

【0101】書き込みヘッド56は、書き込み電流ドライバ55から供給された書き込み電流信号D56に応じた書き込み磁化信号D57を記録媒体70に対して与えることによって、記録媒体70に対してデータを記録する。

【0102】このような磁気記録再生装置50における記録系は、記録媒体70に対してデータを記録する場合には、入力データD51に対して誤り訂正符号化器51により誤り訂正符号化を施した後、誤り訂正符号化データD52をインターリーバ52により攪拌し、さらにインターリーブデータD53に対して変調符号化器53により所定の変調符号化を施し、プリコード54によりプリコード信号D55を生成する。

【0103】そして、この記録系は、プリコード54により生成されたプリコード信号D55を、書き込み電流ドライバ55及び書き込みヘッド56を介して記録媒体70に記録する。

【0104】このように、磁気記録再生装置50における記録系は、誤り訂正符号化器51の後段にインターリーバ52を備えて、誤り訂正符号化器51と変調符号化器53との間で縦列接続符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化及び変調符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

【0105】一方、磁気記録再生装置50は、記録媒体70に記録されているデータを再生するための再生系と

データD53に対して所定の変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD54を生成する。変調符号化器53は、生成した変調符号化データD54を後段のプリコード54に供給する。

【0098】プリコード手段であるプリコード54は、変調符号化器53から供給された変調符号化データD54に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから後述する再生系における等化器58における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号D55を生成する。例えば、プリコード54は、チャネルが1-Dの特性を有する場合には、次式(12)で表されるフィルタリングFを施す。プリコード54は、生成したプリコード信号D55を後段の書き込み電流ドライバ55に供給する。

【0099】

【数12】

して、記録媒体70に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド57と、入力したデータを等化する等化器58と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路59と、アナログデータをディジタルデータに変換するアナログ-ディジタル変換器(以下、A/Dと記す。)60と、クロックを再生するタイミング再生回路61と、利得調整回路59を制御する利得調整コントロール回路62と、記録系におけるプリコード54の前段から再生系における等化器58における出力までのチャネル応答に対する復号を行うSISO型の復号器であるチャネルSISO復号器63と、入力したデータに対してターボ復号を施す変調及び誤り訂正ターボ復号器64とを備える。

【0106】読み出しヘッド57は、記録媒体70から読み出し磁化信号D58を読み出し、この読み出し磁化信号D58に応じた読み出し電流信号D59を生成する。読み出しヘッド57は、生成した読み出し電流信号D59を後段の等化器58に供給する。

【0107】等化器58は、読み出しヘッド57から供給された読み出し電流信号D59に対して、記録系における記録媒体70へのデータの書き込みから当該等化器58における出力までのチャネル応答が所定の特性、例えば1-Dとなるように等化を行い、等化信号D60を生成する。等化器58は、生成した等化信号D60を後段の利得調整回路59に供給する。

【0108】利得調整回路59は、利得調整コントロール回路62から供給される利得調整コントロール信号D64に基づいて、等化器58から供給された等化信号D60の利得を調整し、利得調整信号D61を生成する。利得調整回路59は、生成した利得調整信号D61を後段のA/D60に供給する。

【0109】A/D60は、タイミング再生回路61から供給されるクロック信号D63に基づいて、利得調整回路59から供給された利得調整信号D61のサンプリングを行い、利得調整信号D61をデジタル化してデジタルチャネル信号D62を生成する。A/D60は、生成したデジタルチャネル信号D62をタイミング再生回路61、利得調整コントロール回路62、及び、チャネルSISO復号器63に供給する。

【0110】タイミング再生回路61は、A/D60から供給されるデジタルチャネル信号D62からクロックを再生し、クロック信号D63を生成する。タイミング再生回路61は、生成したクロック信号D63をA/D60に供給する。

【0111】利得調整コントロール回路62は、A/D60から供給されるデジタルチャネル信号D62に基づいて、等化信号D60の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号D64を生成する。利得調整コントロール回路62は、生成した

$$R_{\Delta} = (1-D)/(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{は、排他的論理和}) \quad \cdots (13)$$

【0114】変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、上述した復号器10、20として構成されるSISO型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、後に詳述するが、チャネルSISO復号器63から供給されるチャネル軟出力信号D65を入力してターボ復号を行い、復号結果を軟出力又は硬出力(hard output)の出力データD66として外部に出力する。

【0115】ここで、変調及び誤り訂正ターボ復号器64について図4を用いて詳述する。

【0116】変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、同図に示すように、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器81と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーブ83と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器84と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ86と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ87と、2つの差分器82、85とを有する。

【0117】変調復号手段である変調SISO復号器81は、上述した復号器10、20として構成されるものであり、SISO型の復号器である。変調SISO復号器81は、チャネルSISO復号器63から供給された軟入力であるチャネル軟出力信号D65と、インターリーブ86から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D76又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D77のうち、切替スイッチ87により選択された事前確率情報信号D78とを入力し、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、記録系

利得調整コントロール信号D64を利得調整回路59に供給する。

【0112】チャネルSISO復号器63は、A/D60から供給されるデジタルチャネル信号D62を入力し、記録系におけるプリコード54の前段から再生系における等化器58における出力までのチャネル応答、例えば次式(13)で表されるチャネル応答 $R_{\Delta}$ に対応するトレリスに基づいて、いわゆるBCJR (Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv) アルゴリズムやSOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) アルゴリズム等に基づく軟出力復号を行い、チャネル軟出力信号D65を生成する。チャネルSISO復号器63は、生成したチャネル軟出力信号D65を後段の変調及び誤り訂正ターボ復号器64に供給する。なお、チャネルSISO復号器63としては、SISO型の復号器として構成されるものであればいかなるものであってもよい。

【0113】

【数13】

における変調符号化器53による変調符号化前のインターリーブデータD53を $M(t)$  ( $0 \leq t \leq N$ )と表すと、変調SISO復号器81は、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を変調復号信号D71として差分器82に供給する。

【0118】差分器82は、変調SISO復号器81から供給されて軟入力とされる変調復号信号D71と、インターリーブ86から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号D76との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報(extrinsic information)である変調外部情報信号D72として後段のデインターリーブ83に軟出力として出力する。なお、この変調外部情報信号D72は、記録系におけるインターリーブ52によりインターリーブされたインターリーブデータD53に対応するものである。

【0119】逆攪拌手段であるデインターリーブ83は、記録系におけるインターリーブ52によりインターリーブされたインターリーブデータD53のビット配列を、それぞれ、元の誤り訂正符号化データD52のビット配列に戻すように、差分器82から供給される軟入力の変調外部情報信号D72にデインターリーブを施す。デインターリーブ83は、デインターリーブして得られたデータを誤り訂正軟復号器84における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D73として、誤り訂正軟復号器84及び差分器85に供給する。

【0120】誤り訂正復号手段である誤り訂正軟復号器



84は、デインターリーブ83から供給されるデインターリーブ信号D73に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行う。ここで、記録系における誤り訂正符号化器51による誤り訂正符号化後の誤り訂正符号化データD52を $E(t)$  ( $0 \leq t < N$ )、誤り訂正符号化器51による誤り訂正符号化前の入力データD51を $I(t)$  ( $0 \leq t < K$ )と表すものとする。誤り訂正軟復号器84は、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を変調誤り訂正復号信号D74として差分器85に供給するとともに、 $I(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(I(t)=1)/P(I(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比に基づく復号結果を軟出力又は硬出力の出力データD66として外部に出力する。

【0121】差分器85は、誤り訂正軟復号器84から供給されて軟入力とされる変調誤り訂正復号信号D74と、デインターリーブ83から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号D73との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求める符号ビットに対する外部情報である誤り訂正外部情報信号D75として後段のインターリーブ86に軟出力として出力する。

【0122】第2の撹拌手段であるインターリーブ86は、差分器85から供給された軟入力である誤り訂正外部情報信号D75に対して、記録系におけるインターリーブ52と同一の撹拌位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ86は、インターリーブして得られたデータを変調SISO復号器81における情報ビットに対する事前確率情報信号D76として、変調SISO復号器81及び差分器82に供給する。

【0123】切替スイッチ87は、復号の初期時には、事前確率情報信号D77である0値を供給する被選択端子aと連結することによって、変調SISO復号器81における情報ビットに対する事前確率情報信号D78として、事前確率情報信号D77を選択する。そして、切替スイッチ87は、それ以降では、インターリーブ86から供給される事前確率情報信号D76を供給する被選択端子bと連結し、事前確率情報信号D78として、事前確率情報信号D76を選択する。

【0124】このように構成される変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、記録系における誤り訂正符号化器51及び変調符号化器53のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器84及び変調SISO復号器81を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、変調SISO復号器81及び誤り訂正軟復号器84の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、チャンネルSISO復号器63から供給される軟入力であ

るチャンネル軟出力信号D65を入力すると、変調SISO復号器81乃至誤り訂正軟復号器84の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、軟出力の出力データD66としてそのまま外部に出力するか、若しくは、図示しない2値化回路により2値化して硬出力の出力データD66として外部に出力する。

【0125】このような磁気記録再生装置50における再生系は、記録媒体70に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド57、等化器58、利得調整回路59及びA/D60を経て生成された軟入力とされるデジタルチャンネル信号D62を、チャンネルSISO復号器63により軟出力復号し、記録系におけるブリコダ54に入力された変調符号化データD53に対応するチャンネル軟出力信号D65を生成する。

【0126】そして、この再生系は、チャンネルSISO復号器63により生成されたチャンネル軟出力信号D65を変調及び誤り訂正ターボ復号器64によりターボ復号し、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データD66として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを2値化して硬出力の出力データD66を生成し、外部に出力する。

【0127】このように、磁気記録再生装置50における再生系は、変調及び誤り訂正ターボ復号器64を備えて、記録系における誤り訂正符号化器51及び変調符号化器53のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器84及び変調SISO復号器81の間でターボ復号を行うことによって、変調符号化及び誤り訂正符号化に対応する復号を実現することができる。

【0128】以上のように、磁気記録再生装置50は、記録系において、誤り訂正符号化器51の後段にインターリーブ52を備えて、誤り訂正符号化器51と変調符号化器53との間で縦列接続符号による符号化を行い、再生系において、変調及び誤り訂正ターボ復号器64を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【0129】つぎに、第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。この磁気記録再生装置は、少なくとも変調符号化及び復号の際に、ブロック単位での符号化及び復号を行うのではなく、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うものである。

【0130】ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器及び再生系に適用するSISO型の復号器について図5乃至図8を参照して説明する。

なお、これらの符号化器及び復号器は、それぞれ、変調符号化及び変調復号するものとして示されるものであるが、誤り訂正符号化を行う符号化器及び誤り訂正復号を行う復号器も、それぞれ、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

【0131】磁気記録再生装置は、共通のトレリスを元にして変調符号化及び変調復号を行う。一般に、トレリスの構造は、変調符号に加わる制限に応じて変化するが、ここでは、符号化率 $R=2/3$ の $(d, k) =$

$(0, 2)$  制限を満たす変調符号化及び変調復号について説明する。

【0132】 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす符号を生成するための状態遷移図は、図5に示すように表すことができる。同図において、 $S_0, S_1, S_2$ は、それぞれ、各状態を示し、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、状態遷移が行われた際に出力されるビットを示すものとする。例えば、“ $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ ”という状態遷移が行われた場合には、出力されるビット系列は、“00”となる。この状態遷移図にしたがった状態遷移が行われた場合に出力されるビット系列は、必ず  
( $d, k$ ) = (0, 2) 制限を満たす。

【0133】ここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する符号化率 $R=2/3$ の変調符号化を行うことを考える。この場合、 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす変調符号を生成するには、同図に示す状態遷移図にしたがって3回ずつ状態遷移し、その際の出力を変調符号とすればよいことは明らかである。

【0134】このように同図に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリス、すなわち、状態遷移図を時間方向に展開して得られるダイアグラムは、図6に示すようになる。例えば、同図に示すトレリスにおいて、最上部に位置する枝は、状態 $S_2$ から3回状態遷移して再び状態 $S_2$ に至る経路が1通り存在し、その場合の出力が“100”であることを示している。

【0135】さらにここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する変調符号化を行う場合には、各状態から $2^2=4$ 本の枝を選択し、これらの枝を2ビットの入力である“00, 01, 10, 11”に割り振ることによって、入力と出力とを対応付けたトレリスを構成することができる。このように、枝の選択を行って構成されたトレリスは、図7に示すようになる。同図において、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、入力／出力を示している。例えば、同図に示すトレリスにおいて、 $S_0 \rightarrow S_2$ を示す1本の枝は、状態 $S_0$ の際に“11”を入力した場合には、“100”を出力して状態 $S_2$ に状態遷移することを示している。

【0136】第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置に適用する符号化器は、このような手順により構成されたトレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生

成することとなる。このような符号化器としては、具体的には、例えば図8に示すような各部を有するものが考えられる。

【0137】同図に示す符号化器90は、当該符号化器90の状態(ステート)を保持するステートレジスタ91と、次に遷移すべき次状態を算出する次ステート算出回路92と、出力信号D94を算出する出力信号算出回路93とを有する。

【0138】ステートレジスタ91は、2ビットのレジスタであり、現在の符号化器90の状態を表す2ビットを保持する。ステートレジスタ91は、次ステート算出回路92から供給される次状態信号D93に基づく次状態を表す2ビットを保持するのにもなって、現在の状態を表す2ビットを示す状態信号D92を次ステート算出回路92及び出力信号算出回路93に供給する。

【0139】次ステート算出回路92は、入力信号D91と、ステートレジスタ91から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表4に示す入出力対応表にしたがって次状態を算出する。次ステート算出回路92は、次状態を示す次状態信号D93をステートレジスタ91に供給する。

【0140】

【表4】

表4

入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	次状態信号
0	00	0
0	01	1
0	10	1
0	11	2
1	00	1
1	01	0
1	10	0
1	11	2
2	00	2
2	01	0
2	10	0
2	11	1
3	00	0
3	01	0
3	10	0
3	11	0

【0141】出力信号算出回路93は、入力信号D91と、ステートレジスタ91から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表5に示す入出力対応表にしたがって出力信号D94を算出して出力する。なお、この出力信号D94は、 $(d, k) = (0, 2)$  制限を

満たすものである。

【0142】

【表5】

表5

入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	出力信号
0	00	111
0	01	110
0	10	010
0	11	100
1	00	110
1	01	011
1	10	111
1	11	100
2	00	100
2	01	101
2	10	111
2	11	110
3	00	111
3	01	111
3	10	111
3	11	111

【0143】このような符号化器90は、入力信号D91を入力すると、次ステート算出回路93によって、この入力信号D91と、状態信号D92とを用いて次状態を算出し、ステートレジスタ91に逐次保持させる。そして、符号化器90は、出力信号算出回路93によって、入力信号D91と、状態信号D92とを用いて出力信号D94を算出し、外部に出力する。

【0144】なお、符号化器90においては、状態S3が存在しないため、当該符号化器90のリセット前に状態S3に遷移した場合には、表5に基づいて即座に“111”を出力信号D94として出力し、状態S0に復帰する機能を実現している。

【0145】一方、このような符号化器により符号化された信号を復号する復号器としては、先に図7に示したトレリスに基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく復号を適用するものとする。磁気記録再生装置においては、このような復号器とすることによって、符号化器における信号の相関を利用したトレリス復号を行うことができる。

【0146】特に、磁気記録再生装置においては、トレリス復号を行う場合に、復号器として、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズム等のSISO型復号を行うことによって、軟情報を利用した復号を行うことができ、復号誤り率を向上させることができる。

【0147】このような符号化器及び復号器を適用した

磁気記録再生装置について図9を用いて説明する。

【0148】同図に示す磁気記録再生装置100は、データを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器101と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ102と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器103と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ104と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ105と、記録媒体70に対してデータを記録するための書き込みヘッド106とを備える。

【0149】誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器101は、上述した磁気記録再生装置50における誤り訂正符号化器51と同様に、入力データD101に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器101は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データD102を後段のインターリーバ102に供給する。

【0150】(第1の) 攪拌手段であるインターリーバ102は、上述した磁気記録再生装置50におけるインターリーバ52と同様に、誤り訂正符号化器101から供給された誤り訂正符号化データD102を攪拌し、誤り訂正符号化データD102を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ102は、生成したインターリーブデータD103を後段の変調符号化器103に供給する。

【0151】変調符号化手段である変調符号化器103は、上述した符号化器90として構成されるものであり、トレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成する変調符号化器である。変調符号化器103は、インターリーバ102から供給されたインターリーブデータD103に対して所定のトレリス変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD104を生成する。変調符号化器103は、生成した変調符号化データD103を後段のプリコーダ104に供給する。

【0152】プリコード手段であるプリコーダ104は、上述した磁気記録再生装置50におけるプリコーダ54と同様に、変調符号化器103から供給された変調符号化データD103に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから再生系における等化器108における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号D105を生成する。プリコーダ104は、生成したプリコード信号D105を後段の書き込み電流ドライバ105に供給する。

【0153】書き込み電流ドライバ105は、上述した磁気記録再生装置50における書き込み電流ドライバ55と同様に、プリコーダ104から供給されたプリコード信号D105に対して、各ビットを書き込み電流値I

に変換し、書き込み電流信号 D106 を生成する。書き込み電流ドライバ 105 は、生成した書き込み電流信号 D106 を後段の書き込みヘッド 106 に供給する。

【0154】書き込みヘッド 106 は、上述した磁気記録再生装置 50 における書き込みヘッド 56 と同様に、書き込み電流ドライバ 105 から供給された書き込み電流信号 D106 に応じた書き込み磁化信号 D107 を記録媒体 70 に対して与えることによって、記録媒体 70 に対してデータを記録する。

【0155】このような磁気記録再生装置 100 における記録系は、記録媒体 70 に対してデータを記録する場合には、入力データ D101 に対して誤り訂正符号化器 101 により誤り訂正符号化を施した後、誤り訂正符号化データ D102 をインターリーブ 102 により攪拌し、さらにインターリーブデータ D103 に対して変調符号化器 103 により所定のトレリス変調符号化を施し、プリコーダ 104 によりプリコード信号 D105 を生成する。

【0156】そして、この記録系は、プリコーダ 104 により生成されたプリコード信号 D105 を、書き込み電流ドライバ 105 及び書き込みヘッド 106 を介して記録媒体 70 に記録する。

【0157】このように、磁気記録再生装置 100 における記録系は、誤り訂正符号化器 101 の後段にインターリーブ 102 を備えて、誤り訂正符号化器 101 と変調符号化器 103 との間で縦列接続符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化及び変調符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

【0158】一方、磁気記録再生装置 100 は、記録媒体 70 に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体 70 に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド 107 と、入力したデータを等化する等化器 108 と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路 109 と、アナログデータをデジタルデータに変換する A/D110 と、クロックを再生するタイミング再生回路 111 と、利得調整回路 109 を制御する利得調整コントロール回路 112 と、記録系におけるプリコーダ 104 の前段から再生系における等化器 108 における出力までのチャンネル応答に対する復号を行う SISO 型の復号器であるチャンネル SISO 復号器 113 と、入力したデータに対してターボ復号を施す変調及び誤り訂正ターボ復号器 114 とを備える。

【0159】読み出しヘッド 107 は、上述した磁気記録再生装置 50 における読み出しヘッド 57 と同様に、記録媒体 70 から読み出し磁化信号 D108 を読み出し、この読み出し磁化信号 D108 に応じた読み出し電流信号 D109 を生成する。読み出しヘッド 107 は、生成した読み出し電流信号 D109 を後段の等化器 108 に供給する。

【0160】等化器 108 は、上述した磁気記録再生装

置 50 における等化器 58 と同様に、読み出しヘッド 107 から供給された読み出し電流信号 D109 に対して、記録系における記録媒体 70 へのデータの書き込みから当該等化器 108 における出力までのチャンネル応答が所定の特性となるように等化を行い、等化信号 D110 を生成する。等化器 108 は、生成した等化信号 D110 を後段の利得調整回路 109 に供給する。

【0161】利得調整回路 109 は、上述した磁気記録再生装置 50 における利得調整回路 59 と同様に、利得調整コントロール回路 112 から供給される利得調整コントロール信号 D114 に基づいて、等化器 108 から供給された等化信号 D110 の利得を調整し、利得調整信号 D111 を生成する。利得調整回路 109 は、生成した利得調整信号 D111 を後段の A/D110 に供給する。

【0162】A/D110 は、上述した磁気記録再生装置 50 における A/D60 と同様に、タイミング再生回路 111 から供給されるクロック信号 D113 に基づいて、利得調整回路 109 から供給された利得調整信号 D111 のサンプリングを行い、利得調整信号 D111 をデジタル化してデジタルチャンネル信号 D112 を生成する。A/D110 は、生成したデジタルチャンネル信号 D112 をタイミング再生回路 111、利得調整コントロール回路 112、及び、チャンネル SISO 復号器 113 に供給する。

【0163】タイミング再生回路 111 は、上述した磁気記録再生装置 50 におけるタイミング再生回路 61 と同様に、A/D110 から供給されるデジタルチャンネル信号 D112 からクロックを再生し、クロック信号 D113 を生成する。タイミング再生回路 111 は、生成したクロック信号 D113 を A/D110 に供給する。

【0164】利得調整コントロール回路 112 は、上述した磁気記録再生装置 50 における利得調整コントロール回路 62 と同様に、A/D110 から供給されるデジタルチャンネル信号 D112 に基づいて、等化信号 D110 の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号 D114 を生成する。利得調整コントロール回路 112 は、生成した利得調整コントロール信号 D114 を利得調整回路 109 に供給する。

【0165】チャンネル SISO 復号器 113 は、上述した磁気記録再生装置 50 におけるチャンネル SISO 復号器 63 と同様に、A/D110 から供給されるデジタルチャンネル信号 D112 を入力し、記録系におけるプリコーダ 104 の前段から再生系における等化器 108 における出力までのチャンネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述した BCJR アルゴリズムや SOVA アルゴリズム等に基づく軟出力復号を行い、チャンネル軟出力信号 D115 を生成する。チャンネル SISO 復号器 113 は、生成したチャンネル軟出力信号 D115 を後段の変調及び誤り訂正ターボ復号器 114 に供給する。なお、

チャネルSISO復号器113としては、SISO型の復号器として構成されるものであればいかなるものであってもよい。

【0166】変調及び誤り訂正ターボ復号器114は、上述した磁気記録再生装置50における変調及び誤り訂正ターボ復号器64と同様に、SISO型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。変調及び誤り訂正ターボ復号器114は、後に詳述するが、チャネルSISO復号器113から供給されるチャネル軟出力信号D115を入力してターボ復号を行い、復号結果を軟出力又は硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0167】ここで、変調及び誤り訂正ターボ復号器114について図10を用いて詳述する。

【0168】変調及び誤り訂正ターボ復号器114は、同図に示すように、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器121と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーブ123と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器124と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ126と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ127と、2つの差分器122、125とを有する。

【0169】変調復号手段である変調SISO復号器121は、記録系における変調符号化器103により符号化された信号を復号するものであり、SISO型の変調復号器である。変調SISO復号器121は、チャネルSISO復号器113から供給された軟入力であるチャネル軟出力信号D115と、インターリーブ126から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D126又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D127のうち、切替スイッチ127により選択された事前確率情報信号D128とを入力し、制約条件に対応したトレリスに基づいて、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、記録系における変調符号化器103による変調符号化前のインターリーブデータD103を $M(t)$  ( $0 \leq t \leq N$ )と表すと、変調SISO復号器121は、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を変調復号信号D121として差分器122に供給する。

【0170】差分器122は、変調SISO復号器121から供給されて軟入力とされる変調復号信号D121と、インターリーブ126から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号D126との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報である変調外部情報信号D122として後段のデインターリーブ123に軟出力と

して出力する。なお、この変調外部情報信号D122は、記録系におけるインターリーブ102によりインターリーブされたインターリーブデータD103に対応するものである。

【0171】逆攪拌手段であるデインターリーブ123は、記録系におけるインターリーブ102によりインターリーブされたインターリーブデータD103のビット配列を、それぞれ、元の誤り訂正符号化データD102のビット配列に戻すように、差分器122から供給される軟入力の変調外部情報信号D122にデインターリーブを施す。デインターリーブ123は、デインターリーブして得られたデータを誤り訂正軟復号器124における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D123として、誤り訂正軟復号器124及び差分器125に供給する。

【0172】誤り訂正復号手段である誤り訂正軟復号器124は、デインターリーブ123から供給されるデインターリーブ信号D123に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行う。ここで、記録系における誤り訂正符号化器101による誤り訂正符号化後の誤り訂正符号化データD102を $E(t)$  ( $0 \leq t < N$ )、誤り訂正符号化器101による誤り訂正符号化前の入力データD101を $I(t)$  ( $0 \leq t < K$ )と表すものとする。誤り訂正軟復号器124は、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を変調誤り訂正復号信号D124として差分器125に供給するとともに、 $I(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(I(t)=1)/P(I(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比に基づく復号結果を軟出力又は硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0173】差分器125は、誤り訂正軟復号器124から供給されて軟入力とされる変調誤り訂正復号信号D124と、デインターリーブ123から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号D123との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である誤り訂正外部情報信号D125として後段のインターリーブ126に軟出力として出力する。

【0174】第2の攪拌手段であるインターリーブ126は、差分器125から供給された軟入力である誤り訂正外部情報信号D125に対して、記録系におけるインターリーブ102と同一の攪拌位置情報に基づいたインターリーブを施す。インターリーブ126は、インターリーブして得られたデータを変調SISO復号器121における情報ビットに対する事前確率情報信号D126として、変調SISO復号器121及び差分器122に供給する。

【0175】切替スイッチ127は、復号の初期時には、事前確率情報信号D127である0値を供給する被選択端子cと連結することによって、変調SISO復号器121における情報ビットに対する事前確率情報信号D128として、事前確率情報信号D127を選択する。そして、切替スイッチ127は、それ以降では、インターリーバ126から供給される事前確率情報信号D126を供給する被選択端子dと連結し、事前確率情報信号D128として、事前確率情報信号D126を選択する。

【0176】このように構成される変調及び誤り訂正ターボ復号器114は、上述した磁気記録再生装置における変調及び誤り訂正ターボ復号器64と同様に、記録系における誤り訂正符号化器101及び変調符号化器103のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器124及び変調SISO復号器121を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、変調SISO復号器121及び誤り訂正軟復号器124の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。変調及び誤り訂正ターボ復号器114は、チャンネルSISO復号器113から供給される軟入力であるチャンネル軟出力信号D115を入力すると、変調SISO復号器121乃至誤り訂正軟復号器124の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、軟出力の出力データD116としてそのまま外部に出力するか、若しくは、図示しない2値化回路により2値化して硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0177】このような磁気記録再生装置100における再生系は、記録媒体70に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド107、等化器108、利得調整回路109及びA/D110を経て生成された軟入力とされるデジタルチャンネル信号D112を、チャンネルSISO復号器113により軟出力復号し、記録系におけるプリコーダ104に入力された変調符号化データD103に対応するチャンネル軟出力信号D115を生成する。

【0178】そして、この再生系は、チャンネルSISO復号器113により生成されたチャンネル軟出力信号D115を変調及び誤り訂正ターボ復号器114によりターボ復号し、得られた軟出力であるデータをそのまま出力データD116として外部に出力するか、若しくは、軟出力であるデータを2値化して硬出力の出力データD116を生成し、外部に出力する。

【0179】このように、磁気記録再生装置100における再生系は、変調及び誤り訂正ターボ復号器114を備えて、記録系における誤り訂正符号化器101及び変調符号化器103のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器124及び変調SISO復号器121の間でターボ復

号を行うことによって、変調符号化及び誤り訂正符号化に対応する復号を実現することができる。

【0180】以上のように、磁気記録再生装置100は、記録系において、誤り訂正符号化器101の後段にインターリーバ102を備えて、誤り訂正符号化器101と変調符号化器103との間で縦列接続符号による符号化を行い、再生系において、変調及び誤り訂正ターボ復号器114を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。その上、磁気記録再生装置100は、記録系において前後のデータに相関を持たせて符号化を行うとともに、再生系において制約条件に対応したトレリス復号を行うことができることから、回路規模を削減することができ且つ復号誤り率をさらに低下させることが可能となる。

【0181】以上説明したように、上述した磁気記録再生装置50、100は、それぞれ、高性能の符号化を実現し、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。特に、磁気記録再生装置100は、ブロック単位での符号化及び復号を行わずに、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うことによって、回路規模が削減されるとともに、復号誤り率をさらに低下させることが期待できる。すなわち、磁気記録再生装置50、100は、それぞれ、高精度の符号化及び復号システムを実現するものであり、ユーザに高い信頼性を提供することができるものである。

【0182】なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上述した記録媒体70としては、磁気記録方式によるもの以外にも、いわゆるCD (Compact Disc) やDVD (Digital Versatile Disk) 等の光記録方式による記録媒体又はいわゆるMO (Magnet Optical) 等の光磁気記録方式による記録媒体であっても容易に適用可能であることは勿論である。

【0183】また、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置100として、符号化側でトレリス変調符号化を行うとともに、復号側でトレリス変調復号を行うものとして説明したが、本発明は、例えば、磁気記録再生装置50における変調符号化器53のように、符号化側でブロック変調を行うといった場合等、符号化側でトレリス変調符号化を行わない場合であっても、復号側で制約条件に対応した復号、より具体的にはトレリス変調復号を行い、軟判定値を出力する場合でも適用することができる。

【0184】さらに、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置50、100として、記録系と再生系とを備

10

20

30

40

50

えた単体の装置であるものとして説明したが、記録媒体に対してデータを記録する記録系として単体の記録装置を構成し、この記録装置により記録媒体に記録されたデータを再生する再生系を単体の再生装置として構成してもよい。

【0185】以上のように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【0186】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌手段とを備える。

【0187】したがって、本発明にかかるデータ記録装置は、攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができる。

【0188】また、本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える攪拌工程とを備える。

【0189】したがって、本発明にかかるデータ記録方法は、攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となる。

【0190】さらに、本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録装置により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備える。

【0191】したがって、本発明にかかるデータ再生装置は、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第2の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデ

ータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

【0192】さらにまた、本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

【0193】したがって、本発明にかかるデータ再生方法は、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第2の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【0194】また、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌手段と、この逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備える。

【0195】したがって、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体

に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第2の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができる。この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

【0196】さらに、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える逆攪拌工程と、この逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

【0197】したがって、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第2の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器における入出力例を説明する図である。

【図2】同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器の構成を説明するブロック図である。

【図3】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図4】同磁気記録再生装置の再生系に備えられる変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図5】 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす符号を生成するための状態遷移図を説明する図である。

【図6】図5に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリスを説明する図である。

【図7】図6に示すトレリスから枝の選択を行って構成されたトレリスを説明する図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図9】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図10】同磁気記録再生装置の再生系に備えられる変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図11】従来の変調符号化器における入出力例を説明する図である。

【図12】従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図13】他の従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

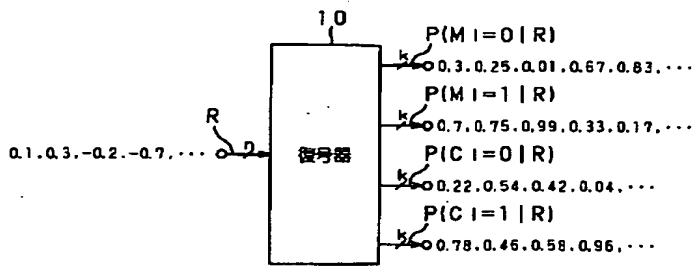
【図14】従来の磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【符号の説明】

10, 20 復号器、 21, 21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub>, 21<sub>3</sub>, 21<sub>4</sub>, 21<sub>5</sub>, 21<sub>6</sub> 尤度算出回路、 50, 100 磁気記録再生装置、 51, 101 誤り訂正符号化器、 52, 102, 86, 126 インターリーブ、 53, 103 変調符号化器、 54, 104 プリコード、 63, 113 チャンネルSISO復号器、 64, 114 変調及び誤り訂正ターボ復号器、 70 記録媒体、 81, 121 変調SISO復号器、 83, 123 デインターリーブ、 84, 124 誤り訂正軟復号器、 90 符号化器

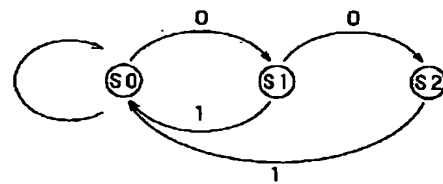


【図 1】



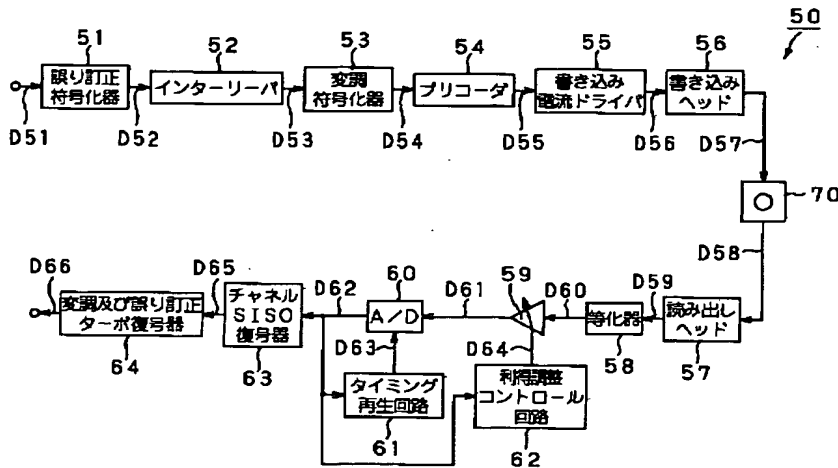
復号器における入出力例

【図 5】



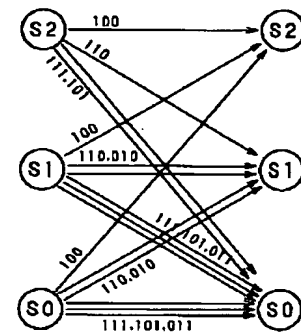
状態遷移図の説明図

【図 3】



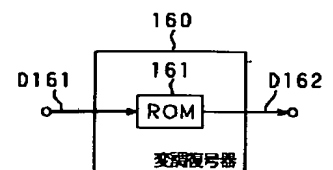
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図 6】



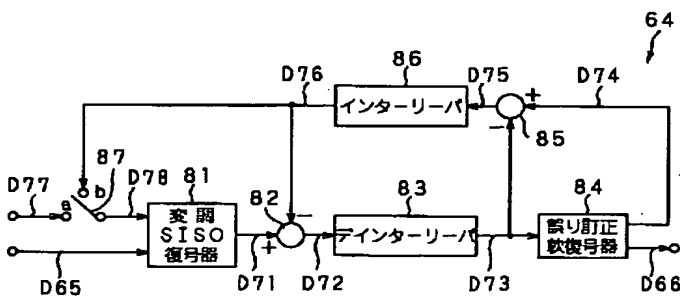
トレリスの説明図

【図 12】



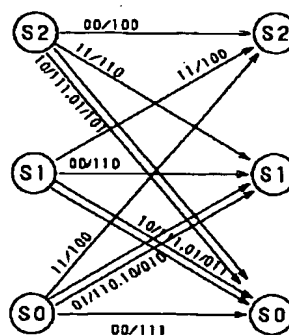
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図 4】



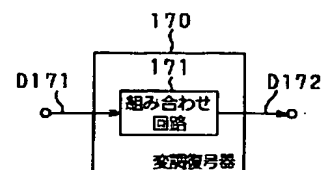
変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成ブロック図

【図 7】



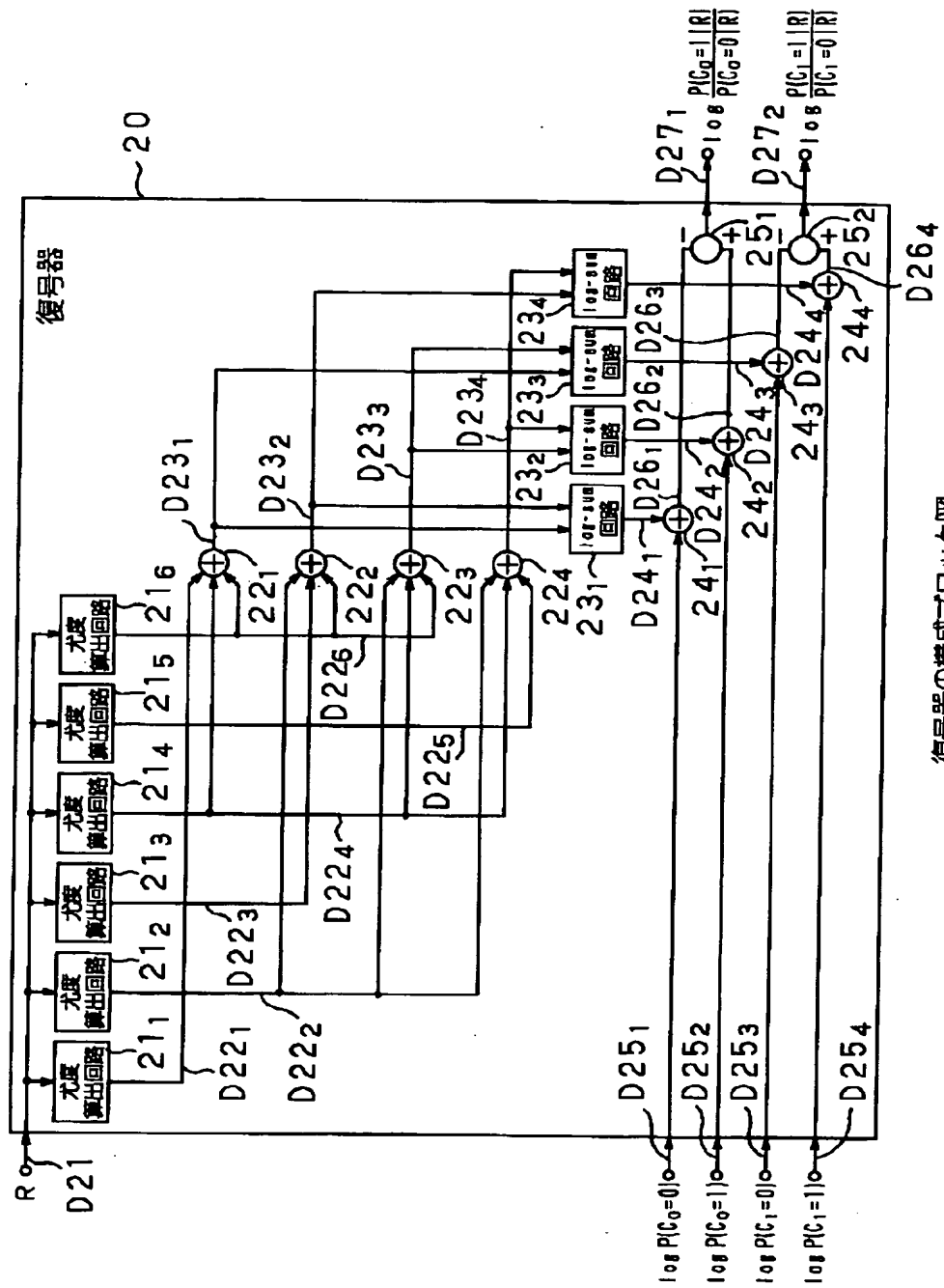
トレリスの説明図

【図 13】



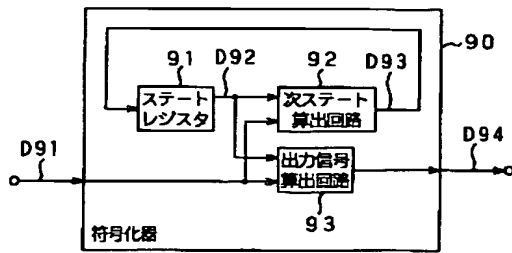
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図 2】



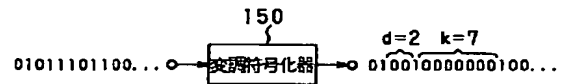
復号器の構成ブロック図

【図 8】



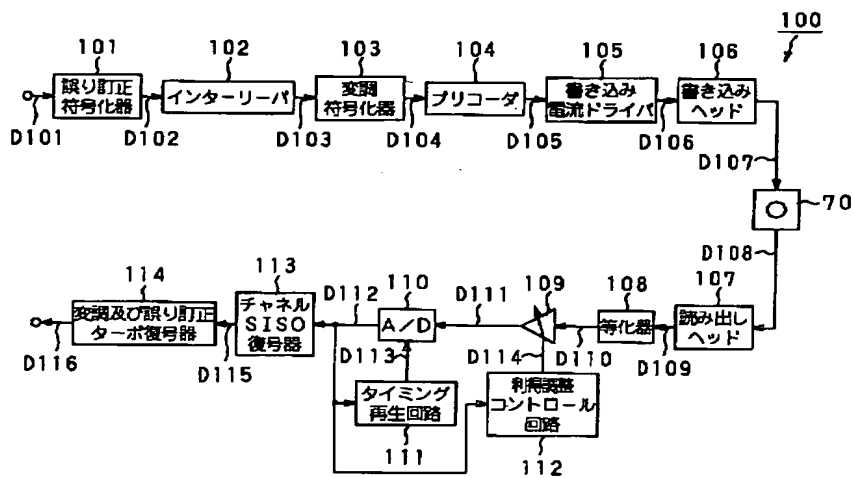
符号化器の構成ブロック図

【図 11】



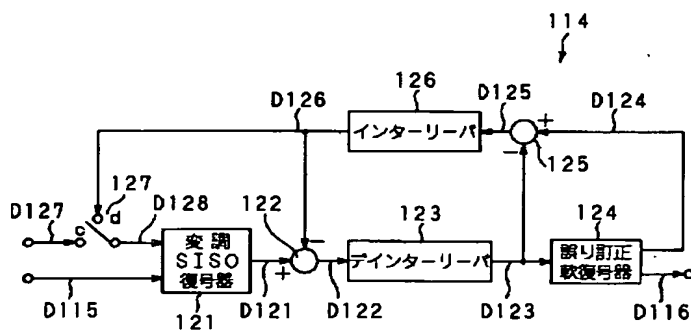
従来の変調符号化器における入出力例

【図 9】



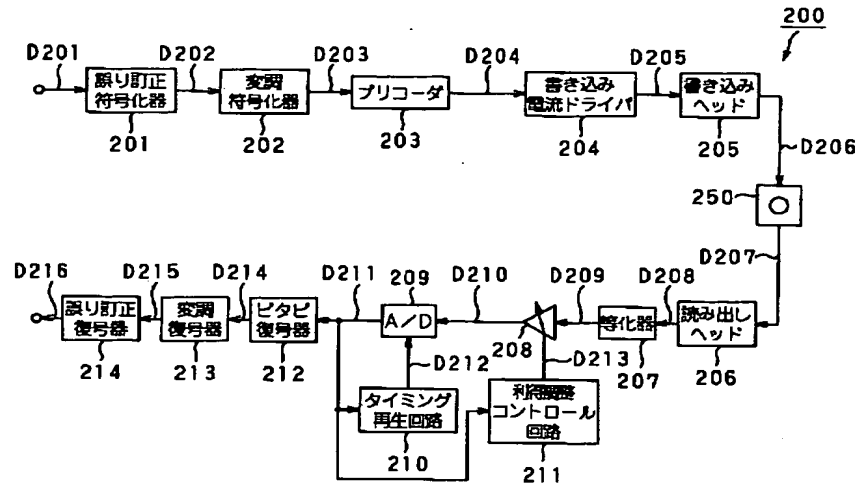
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図 10】



変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成ブロック図

【図 14】



従来の磁気記録再生装置の構成ブロック図

フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
13/25		13/25	
13/29		13/29	

(72) 発明者 宮内 俊之  
 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
 ー株式会社内

F ターム (参考) 5D044 BC01 BC02 CC01 CC04 DE83  
 DE84 FG04 FG06 GL20 GL31  
 5J065 AC03 AD03 AD10 AG05 AG06  
 AH07 AH23